

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ БЫСТРОДВИЖУЩИМИСЯ ПОТОКАМИ ВОДЫ НА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ЗАКАЛКЕ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Баландин В.В.

Руководитель – доцент, к.т.н. Ефремов В.Н.

МГВМИ, г. Москва, leto2122@rambler.ru

Известно, что отсутствие трещин при закалке в масле можно объяснить повышенной вязкостью стали в связи с протеканием процессов самоотпуска мартенсита в процессе его образования и относительно небольшими температурными перепадами, а следовательно, и напряжениями по сечению стенки при сравнительно медленном охлаждении колец. Что касается отсутствием трещин при сквозной закалке в интенсивно охлаждающих средах, то подобные факты и анализировались ранее в работах Н.И. Кобаско (ИТТАН УССР) и Н.В. Зимина (ВНИИТВЧ). Ими были выдвинуты объяснения, обоснованные расчетами, что причинами отсутствия трещин при закалке с интенсивным охлаждением являются остаточные сжимающие напряжения, формирующиеся в поверхностных слоях закаливаемых изделий и повышение прочности стали за счет особого «взрывообразного» характера протекания мартенситного превращения в условиях интенсивного теплообмена.

На кольцевых образцах с наружным диаметром 90 мм, высотой 20 мм и различной толщиной стенки в пределах от 4 до 10 мм из стали ШХ15, весьма склонной к образованию закалочных трещин, было установлено отсутствие трещин при сквозной закалке с охлаждением в масле и в быстро движущихся (со скоростью 10...15 м/с) потоках воды, при охлаждении в спокойной воде были выявлены трещины на большинстве образцов. На упомянутых кольцевых образцах, закаленных в масле и в интенсивных потоках воды, было выявлено экспериментальное исследование остаточных внутренних напряжений по сечению стенки. Определение окружных (тангенциальных) напряжений проводили по методике, разработанной в МГВМИ, с использованием метода Н.Н. Давиденкова, с уточнениями М.А. Бабичева, заключающейся в разрезке закаленных колец по образующей, последовательным стравливанием слоев металла с внутренней поверхности в водных растворах азотной кислоты и измерением диаметров наружных поверхностей колец, защищаемых от травления покрытием воска.

Показано, что для колец, закаленных в масле, характерны растягивающие напряжения в поверхностных слоях, возрастающие от 30 до 340 Н/мм² при изменении толщины стенки от 4 до 10 мм. На глубине

1...1,7 мм напряжения переходят в сжимающие и их величина в центре сечения составляет 10... 50 Н/мм².

В кольцах, закаленных в интенсивных потоках воды, в тонких (0,7 мм) поверхностных слоях установлены остаточные сжимающие напряжения, достигающие 350 Н/мм² при толщине стенки 10 мм, далее на глубине до 3 мм существует зона растягивающих напряжений (до 180 Н/мм² в середине зоны), за которой в направлении сердцевины сечения вновь наблюдаются сжимающие напряжения порядка 70...100 Н/мм². Полученные результаты позволяют объяснить отсутствие трещин при очень больших скоростях охлаждения формированием высоких сжимающих напряжений в поверхностных слоях деталей, не переходящих в растягивающие в течение всего периода охлаждения, включая наиболее опасный температурный интервал мартенситного превращения.

На наружных кольцах подшипников №308 установлена более высокая (в 1,5 раза) прочность «на изгиб» колец, закаленных при индукционном нагреве с охлаждением быстродвижущимся потоком воды по сравнению с кольцами, закаленными при печном нагреве с охлаждением в масле, при близких значениях твердости и структурных параметров закаленной стали ШХ15.

Большое практическое значение при термической обработке нежестких сталей, например колец с большим отношением диаметра к толщине стенки, имеет величина деформации, оцениваемая по разнице размеров до и после термической обработки. В частности, прогнозирование деформации при термической обработке подшипниковых колец позволяет существенно сократить трудоемкость последующих шлифовальных операций, составляющих значительную долю в общей трудоемкости и стоимости изготовления подшипников качения. Это особенно важно при сквозной и объемно-поверхностной закалке сред (потоков воды, водных растворов), приводящих к повышению деформации.

В связи с этим на кольцевых образцах из стали ШХ15 были выполнены исследования кинетики возникновения деформации при закалке с охлаждением в масле и быстродвижущимися потоками воды. Исследования проводились по методике МГВМИ с непосредственной записью изменения размера (наружного диаметра) колец в процессе нагрева и охлаждения при закалке. Кроме того, на реальных кольцах подшипников 23726Л2М для букс железнодорожных вагонов изучали изменения деформации в зависимости от температуры нагрева при объемно-поверхностной закалке (ОПЗ) на индукционной установке 1 ГПЗ.

Таким образом, экспериментально установлено, что интенсификация охлаждения способствует формированию сжимающих напряжений в поверхностных слоях, препятствующих возникновению закалочных трещин.